

складова, що пов'язана з випадковим характером розташування елементарних площин а також з наявністю в канавках мікротріщин, та інших дефектів.

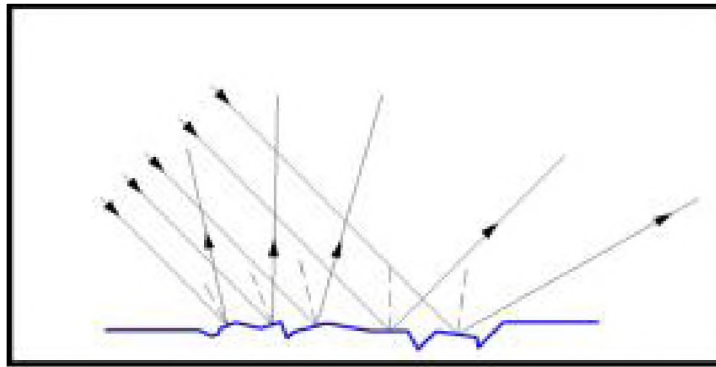


Рис.1 Розсіяння фронту плоскої електромагнітної хвилі на бокових сторонах канавок шорсткості

Метою роботи є дослідження залежностей кута δ відбитої зони з урахуванням дифузної складової, що включає в себе 95% світлової потужності випромінювання в перерізі, що проходить через центр відбиття; коефіцієнта k_0 відбиття; частки D_0 світлової потужності відбитого випромінювання (у %), що потрапляє в зону з діаметром $20d$ (де d – діаметр плями дзеркального відбиття випромінювання); кута Δ падіння лазерного променя, що викликає чітку появу плями прямого дзеркального відображення, від параметра R_a шорсткості.

Попередні досліді показують, що картини відбиття розсіяного лазерного випромінювання можна використовувати для оцінки якості пофарбованих чи покритих емаллю поверхонь метала, а також поверхонь виробів пластмас, волокнистих матеріалів та паперу. Також даний процес може бути використаний при автоматизації знаходження напрямлення шорсткості. Така характеристика передбачена ГОСТ 2.309 – 73. Крім того, враховуючи реальне отримане співвідношення між дифузним, лінійним та дзеркальним відбиттям, зміною коефіцієнта i картини відбиття, можна сформулювати параметри шорсткості, не тільки геометричного, згідно ГОСТ 25142 – 82, а й оптичного типу з урахуванням виявлення різних дефектів на всій площині поверхні металу.

УДК 621.375.826:621

Прищеп В.О., студ; Козирев О.С., ст. викл.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА МИШЕНИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛАЗЕРНОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Для прогнозирования результатов операций лазерной обработки материалов используют различные физические или статистические модели. Причём, все они обладают теми или иными недостатками, снижающими точность или ограничивающими возможность прогнозирования. К таким недостаткам следует отнести ограниченный учет факторов, значимо влияющих на результаты обработки (температурную зависимость параметров мишени, изменяющуюся в процессе взаимодействия форму лазерного луча, динамику различных фаз материала) в физических моделях, и ограниченность применимости и высокую трудоёмкость при построении статистических моделей.

С целью повышения точности физического моделирования предлагается дискретизировать лазерный луч и заготовку.

Рассмотрим тепловое действие лазерного луча на материал мишени. Для решения задач инженерного класса рекомендуется явная интерполяционная схема расчета задачи нагрева, которая требует мелкого временного шага. В этом случае использование переменного шага сетки будет неэкономичным [1].

Рассмотрим задачу о нахождении температурного поля полубесконечного тела, нагреваемого поверхностным источником теплоты. Уравнение теплопроводности аппроксимируем разностным выражением:

$$T_{i,j,k}^{s+1} = T_{i,j,k} + \frac{\lambda(T_{i,j,k})\Delta t}{c(T_{i,j,k})\rho(T_{i,j,k})h} [T_{i-1,j,k} + T_{i+1,j,k} + T_{i,j-1,k} + T_{i,j+1,k} + T_{i,j,k-1} + T_{i,j,k+1} - 6T_{i,j,k}] \quad (1)$$

Выражение позволяет определить температуру внутри тела в текущий момент времени $s+1$, зная температуру в предыдущий момент времени s во всех внутренних точках тела. Таким образом, для расчетов по этой формуле необходимо знать температуру на границе тела.

Для этого представим объем мишени, как совокупность элементарных объемов, по форме представляющих собой куб с ребром, равным шагу сетки. Если шаг достаточно мал, можно считать, что элементарный объем обладает следующими свойствами:

1. Во всех точках элементарного объема температура одинакова в любой момент времени.
2. Как следует из п.1, в элементарном объеме все теплофизические характеристики материала, которые вообще говоря зависят от температуры, одинаковы.
3. Между соседними элементарными объемами существует полный тепловой контакт.

Для элементарных объемов, находящихся на поверхности облучаемого образца, баланс энергии имеет вид:

$$Q_A = Q_\lambda + Q_T \quad (2)$$

где $Q_A = \sum_{l=1}^n A_l(T)E_l$ - суммарная поглощенная данным элементарным объемом энергия; Q_λ - теплота, полученная или потерянная элементарным объемом за счет механизма теплопроводности; Q_T - оставшаяся в элементарном объеме теплота, приведшая к повышению температуры.

Будем считать, что в результате поглощения элементарным объемом количества теплоты Q_A его температура мгновенно увеличилась на величину $\Delta T_A = \frac{Q_A}{\Delta V \rho c_V}$. Такое предположение о мгновенном нагреве можно сделать в силу малости шага по времени.

Как следствие, температурный градиент также увеличится на величину ΔT_A . В соответствии с законом теплопроводности Фурье, количество теплоты, проходящее за время Δt через площадку h^2 , будет равно:

$$\Delta Q = -\lambda \cdot \Delta T \cdot h^2 \cdot \Delta t \quad (3)$$

где ΔT – разность температур взаимодействующих элементарных объемов. Таким образом, можно записать:

$$Q_\lambda = \sum_{i=1}^{N_n} \Delta Q_i \quad (4)$$

где N_n – число взаимодействующих (соседних) элементарных объемов, которое может лежать в диапазоне от одного (для изолированного объема) до пяти (объем принадлежит поверхности полубесконечного тела).

Окончательно температуру принадлежащего поверхности элементарного объёма можно определить, как:

$$\Delta T = \frac{Q_T}{\Delta V \rho c_V} = \frac{Q_A - Q_T}{\Delta V \rho c_V} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i(T) E_i - \sum_{i=1}^{N_n} \Delta Q_i}{\Delta V \rho c_V} \quad (5)$$

В соответствии с требованием устойчивости решения уравнения теплопроводности (2) разностным методом на шаг по времени налагается ограничение $Fo \leq 0.5$, то есть $\Delta t \leq \frac{h^2}{2a_{\max}}$, где a_{\max} – максимальное значение температуропроводности для возможного диапазона температур.

Таким образом, алгоритм расчёта температур на данном этапе, в отсутствие фазовых переходов, выглядит следующим образом:

- расчёт количества лучей, попадающих на каждый расположенный на поверхности элементарный объём;
- расчёт мгновенного увеличения температуры ΔT_A для поверхностных объёмов;
- расчёт изменения количества теплоты в поверхностных элементарных объёмах за счёт механизма теплопроводности;
- расчёт температуры поверхностных элементарных объёмов
- расчёт температур во внутренних элементарных объёмах

Когда температура элементарного объёма достигает температуры фазового перехода, в расчёте температур необходимо учитывать теплоту фазового перехода. Наиболее просто это можно сделать, учитывая изменение объёмной теплоемкости при фазовом переходе:

$$c(T)\rho(T) = c_V(T) + L_m \delta(T - T^*) \quad (6)$$

УДК 621.375.826:621

Сахно Р.И., студ.; Козирев О.С., ст. викл.

СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ЛАЗЕРНОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

С момента начала использования лазерного излучения в качестве инструмента предпринимались попытки количественно описать процессы, происходящие при взаимодействии лазерного импульса с материалом мишени. Первые модели были построены на анализе физических явлений, составляющих процесс взаимодействия. При построении таких моделей из-за сложности процесса приходилось вводить значительное количество упрощений, отчего точность их снижалась.

В качестве альтернативы было предложено использование статистических математических моделей, строящихся без анализа физической сущности процесса.

Физические модели

Модель, разработанная П. И. Уляковым [1], представляет собой выражения для определения диаметра и глубины отверстия:

Учитывая значительный объем ограничений, введенных при теоретическом анализе процесса лазерной обработки и его описании, а также относительно узкий и различный для каждой модели набор управляемых факторов, её можно рекомендовать для определения относительной обрабатываемости материалов при неизменных условиях облучения.